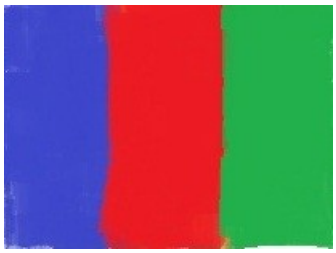


À Rabat le 20 Mars 2026

TITRE ;

Navettes programmatiques entre mondes visible et invisible – Formalisme mathématique et signatures dans l'arbre de Rachid ELAÏDI

Chapitre IV : Navettes programmatiques entre mondes visible et invisible – Formalisme mathématique et signatures dans l'arbre de Rachid ELAÏDI

Auteur : Rachid ELAÏDI
affiliation ; chercheur independent

le 20 Mars 2026

Résumé

Ce chapitre développe le concept de **navette** – le va-et-vient d'un programme (élément chimique du TP_Rachid ELAÏDI) entre l'Espace Rachid ELAÏDI (ERE) et le monde visible, sous

l'influence d'espaces intermédiaires tels que l'Espace Fort. Nous formalisons ce phénomène par un système d'équations maîtresses couplées décrivant l'évolution des densités programmatiques dans chaque espace. Les taux de transition (émergence et repli) sont exprimés en fonction des paramètres intrinsèques de l'arbre modulo nπ : indice d'échappement, temps critique, énergie de seuil, et des facteurs de modulation issus des chocs et des vitesses supraluminiques des sans-masse. Nous montrons comment ces navettes génèrent des **signatures observables** spécifiques et comment elles permettent de prédire l'apparition de nouvelles molécules, à l'instar de la filiation Néon → H_2O. Le rôle galvanisant de l'Espace Fort est mis en évidence par un opérateur de couplage. Ce chapitre unifie les concepts développés précédemment et ouvre la voie à une physique des échanges inter-mondes.

Mots-clés : Navette programmatique, émergence, repli, espace multi-niveaux, équations maîtresses, taux de transition, signatures spectrales, arbre modulo nπ, sans-masse, vitesses supraluminiques, Espace Fort.

---

1. Introduction

Dans les chapitres précédents, nous avons établi l'ontologie de l'ERE et décrit la dynamique interne des programmes via l'arbre de Rachid ELAÏDI modulo nπ et l'équation maîtresse paramétrée. Nous avons également montré comment certains programmes peuvent **émerger** dans le monde visible lorsque leur énergie cumulée franchit un seuil critique, et comment ils peuvent **se replier** vers l'invisible. Cependant, ces transitions ne sont pas isolées : elles s'inscrivent dans un réseau d'influences mutuelles impliquant plusieurs espaces – l'ERE lui-même, le monde visible, et des espaces de contrôle comme l'Espace Fort F.

L'objectif de ce chapitre est de formaliser mathématiquement ces **navettes** inter-mondes, en intégrant :

•Les propriétés intrinsèques des programmes (indice d'échappement, temps critique, énergie de seuil).
•Les **sans-masse** et leurs vitesses supraluminiques, qui modifient les probabilités de rencontre et d'échange.
•Les **signatures observables** qui accompagnent chaque passage.
•Le rôle de l'Espace Fort comme **galvanisateur** des transitions.

Nous illustrerons ce formalisme par l'exemple emblématique de la filiation Néon → H_2O, où une branche programmatique du Néon mène, après plusieurs bifurcations, à la molécule d'eau observable.

---

2. Rappels sur l'ERE et l'arbre modulo nπ

L'Espace Rachid ELAÏDI R est un espace vectoriel topologique complexe, muni :

- D'une loi de composition interne non associative $\star$.
- D'un feuilletage $\mathcal{F}=\{F_\alpha\}_{\alpha\in A}$ (les mondes).
- D'une mesure spectrale profonde μ_R sur l'ensemble des feuilles A.
- D'un temps intrinsèque bouclé T_R.

L'arbre de Rachid ELAÏDI $T=(S,A,\sim)$ est une projection discrète de R :

- Les nœuds $s\in S$ sont les programmes fondamentaux en résonance stable.
- Les arcs $a\in A$ sont les transitions programmatiques possibles.
- La relation $\sim$ modulo $n\pi$ identifie les états séparés par un multiple entier de π dans l'espace des phases.

Chaque nœud s possède un **degré de liberté** $d(s)$ et un **programme local** $P(s)$ (distribution de probabilité sur les arcs sortants). L'**indice d'échappement** $e(s)$ mesure la dispersion de cette distribution.

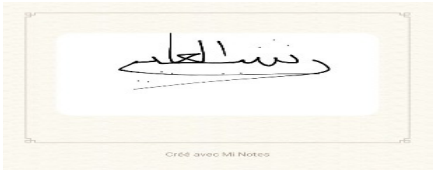
---

3. Les espaces en présence

3.1 Espace Rachid ELAÏDI (ERE) – R

C'est le réservoir fondamental des programmes. Un programme $\gamma \in R$ est caractérisé par :

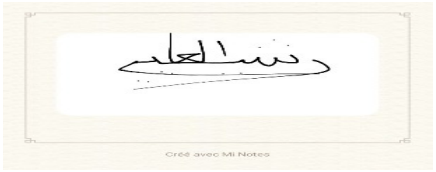
- Son énergie cumulée $E(\gamma, T)$.
- Son seuil d'émergence $E0(\gamma)$ (dépendant de sa feuille).
- Son temps critique $Tc(\gamma)$.
- Son indice d'échappement $e(\gamma)$ (moyenné sur son chemin).



3.2 Monde visible – V

C'est l'ensemble des manifestations observables. On dispose d'une projection :

$$\Pi R \to V : R \to V \cup \{\emptyset\}$$



qui à un programme γ associe sa trace visible v (ou l'ensemble vide s'il n'émerge pas). La projection est irréversible et appauvrissante.

3.3 Espace Fort – F

Introduit au Chapitre I, F est un espace métacontrôleur structuré comme une algèbre de Lie infinie non commutative. Il agit sur R via une application :

$\Phi_F : F \to \mathrm{End}(R)$

qui à tout $\phi \in F$ associe un opérateur linéaire sur R. L'Espace Fort influence les programmes en modifiant leurs probabilités de transition, leur énergie, ou en créant de nouvelles bifurcations. On peut le voir comme un **milieu actif** qui galvanise certaines transitions.

3.4 Espaces supplémentaires éventuels

D'autres espaces (par exemple, un espace des champs, ou un espace des mémoires) pourraient être introduits, mais nous nous limiterons ici à R,V,F pour des raisons de clarté.

---

4. Formalisation des navettes

4.1 États et densités

On définit les densités suivantes (fonctions du temps T dans $\mathbb{T}$) :

- $\rho_R(\gamma, T)$: densité de programmes $\gamma \in R$.
- $\rho_V(v, T)$: densité de manifestations visibles $v \in V$.
- $\rho_F(\phi, T)$: densité d'éléments $\phi \in F$.

Les densités sont normalisées sur leurs espaces respectifs (par rapport à des mesures appropriées). Elles représentent la probabilité (ou la concentration) de trouver un système dans un état donné à l'instant T.

4.2 Taux de transition

Les transitions entre espaces sont décrites par des taux positifs :

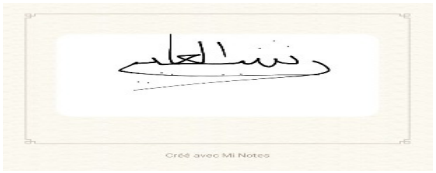
- $W_{R\to V}(\gamma\to v)$: taux d'**émergence** du programme γ vers la manifestation v.
- $W_{V\to R}(v\to\gamma)$: taux de **repli** (désémergence) de v vers le programme γ.
- $W_{R\to F}(\gamma\to\phi)$ et $W_{F\to R}(\phi\to\gamma)$: échanges entre R et F.
- $W_{V\to F}(v\to\phi)$ et $W_{F\to V}(\phi\to v)$: échanges entre V et F.

Ces taux intègrent les propriétés intrinsèques des programmes ainsi que les influences externes.

4.3 Équations maîtresses couplées

Le système d'évolution s'écrit :

$$\partial_T f_R(\gamma,T)=L_R[f_R](\gamma,T)+\int W_{V\to R}(v\to\gamma)f_V(v,T)dv-\int W_{R\to V}(\gamma\to v)f_R(\gamma,T)dv+\int W_{F\to R}(\phi\to\gamma)f_F(\phi,T)d\phi-\int W_{R\to F}(\gamma\to\phi)f_R(\gamma,T)d\phi,\partial_T f_V(v,T)=L_V[f_V](v,T)+\int W_{R\to V}(\gamma\to v)f_R(\gamma,T)d\gamma-\int W_{V\to R}(v\to\gamma)f_V(v,T)d\gamma+\int W_{F\to V}(\phi\to v)f_F(\phi,T)d\phi-\int W_{V\to F}(v\to\phi)f_V(v,T)d\phi,\partial_T f_F(\phi,T)=L_F[f_F](\phi,T)+\int W_{R\to F}(\gamma\to\phi)f_R(\gamma,T)d\gamma-\int W_{F\to R}(\phi\to\gamma)f_F(\phi,T)d\phi+\int W_{V\to F}(v\to\phi)f_V(v,T)dv-\int W_{F\to V}(\phi\to v)f_F(\phi,T)dv.$$



L_R, L_V, L_F sont les opérateurs d'évolution propres à chaque espace (dynamique interne). Par exemple, L_R contient l'équation maîtresse paramétrée (Chapitre II) décrivant les chocs programmatiques dans R, tandis que L_V peut représenter les lois physiques usuelles (ou être simplifié à une simple décroissance exponentielle).

4.4 Expressions explicites des taux

4.4.1 Taux d'émergence

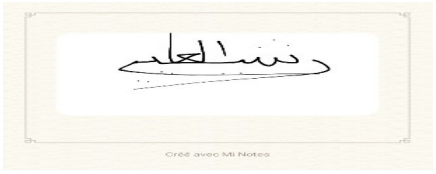
Pour un programme $\gamma \in \mathcal{R}$, le taux d'émergence vers une manifestation v est non nul seulement si $v = \Pi\mathcal{R} \to \mathcal{V}(\gamma)$ et si l'énergie cumulée $E(\gamma, T)$ dépasse le seuil $E_0(\gamma)$. On pose :

$$\mathcal{W}_{\mathcal{R} \to \mathcal{V}}(\gamma \to v) = \lambda_{\text{out}}(0)(\gamma)\, \delta(v - \Pi(\gamma))\, \Theta\big(E(\gamma, T) - E_0(\gamma)\big) \cdot \mathcal{MF}(\gamma, T),$$

où :

- $\lambda_{\text{out}}(0)(\gamma) = 1/T_c(\gamma)$ est un taux intrinsèque (inverse du temps critique).
- Θ est la fonction de Heaviside.
- $\mathcal{MF}(\gamma, T)$ est un **facteur de modulation** dû à l'Espace Fort. Il peut être modélisé par :

$$\mathcal{MF}(\gamma, T) = \exp\left(\int_{\mathcal{F}} \kappa(\phi, \gamma)\, f_{\mathcal{F}}(\phi, T)\, d\phi \right),$$



où κ est un noyau de couplage (par exemple, $\kappa(\phi, \gamma) = \langle \phi, \gamma \rangle_{\mathcal{F} \times \mathcal{R}}$).

4.4.2 Taux de repli

Le taux de repli d'une manifestation v vers un programme γ est :

$$\mathcal{W}_{\mathcal{V} \to \mathcal{R}}(v \to \gamma) = \lambda_{\text{in}}(v)\, \delta(\gamma - \gamma_v) \cdot \mathcal{NF}(v, T),$$

avec :

- $\tau_{\text{in}}(v) = \tau_{\text{vis}}(v)\,1P_{\text{ret}}(v)$, où $\tau_{\text{vis}}(v)$ est la durée de vie moyenne de v dans le monde visible et $P_{\text{ret}}(v)$ la probabilité de retour calculée à partir de l'arbre (somme des probabilités des branches de retour issues du nœud correspondant).
- γ_v est le programme sous-jacent (ou une moyenne sur les programmes pouvant donner v).
- $N_F(v,T)$ est un facteur d'influence de F sur le repli (par exemple, $N_F = \exp(-\int \kappa'(\phi,v) f_F(\phi))$ si F retient dans le visible).

4.3 Taux d'échange avec F

Les taux entre R et F peuvent être choisis de forme similaire. Par exemple, pour un transfert de R vers F :

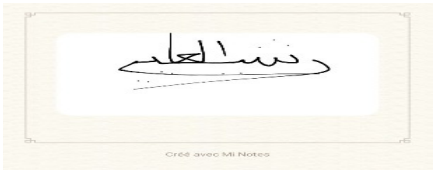
$$W_{R\to F}(\gamma \to \phi) = \mu_{\text{out}}(\gamma)\,\delta(\phi - \Phi_F^{-1}(\gamma)) \cdot Q(\gamma),$$

où $\Phi_F^{-1}(\gamma)$ est l'élément de F qui agit sur γ (s'il est unique), et $Q(\gamma)$ un facteur de probabilité. On peut aussi utiliser des taux constants par morceaux.

4.5 Notion de navette complète

Une **navette** est un cycle $\gamma \to v \to \gamma'$ (ou plus généralement une séquence $\gamma \to v \to \gamma' \to \cdots$) où le programme retourne dans R après un passage dans V, éventuellement modifié. Le **taux de navette** (nombre moyen de cycles par unité de temps) est donné par le flux de probabilité à travers le cycle. En régime stationnaire, on peut définir :

$$\nu_{\text{nav}} = \int_R \int_V W_{R\to V}(\gamma \to v) f_{R,\text{eq}}(\gamma)\, W_{V\to R}(v \to \gamma') f_{V,\text{eq}}(v)\, d\gamma\, dv\, d\gamma' + \text{termes via F}.$$



Si les densités sont constantes, ceci devient une constante.

5. Rôle des sans-masse et des vitesses supraluminiques

Les **sans-masse** sont des programmes fondamentaux non ancrés ($m(\gamma)=0$), capables de se déplacer à des vitesses supraluminiques $v>c$ dans l'ERE. Leur présence modifie les taux de transition de plusieurs façons :

- **Fréquence accrue des rencontres** : La probabilité que deux programmes se trouvent au même nœud (point de rencontre) est proportionnelle à $v2$. Pour un sans-masse, cette probabilité est plus élevée, ce qui augmente les taux de chocs programmatiques (déjà inclus dans LR).
- **Énergie d'interaction** : Lors d'un choc impliquant un sans-masse, l'énergie disponible est augmentée d'un facteur $\gamma\text{supra}=(1-v2/c2)-1/2$. Cela peut abaisser le seuil effectif d'émergence pour d'autres programmes.
- **Modulation des taux** : On peut introduire un facteur multiplicatif dans les taux d'émergence et de repli dépendant de la densité locale de sans-masse. Par exemple, on remplace $M\text{F}$ par $M\text{F}\cdot(1+\alpha\rho\text{sm})$, où ρsm est la densité de sans-masse dans la région de R concernée.

Dans l'équation maîtresse, ces effets se traduisent par des termes non linéaires supplémentaires.

---

6. Signatures des navettes

Chaque passage d'un programme dans le monde visible laisse une **signature observable** σobs. Lors d'une navette, la signature peut être modulée par les conditions de aller et du retour. On définit la **signature de navette** comme la transformée de Rachid du cycle complet :

$$\Sigma\text{nav}(\omega)=\int\mathbf{T}\chi\omega(\boldsymbol{T})\mu\text{nav}(\boldsymbol{dT}),$$

où μ_{nav} est la mesure temporelle des instants où le programme est visible. En pratique, on observe des raies spectrales élargies ou dédoublées, reflétant les multiples passages. Par exemple, si un programme effectue des navettes périodiques, on peut observer un **peigne de fréquences** dans son spectre.

Pour l'El-Aïdium, dont la signature individuelle est une raie micro-onde à 2,45 GHz, des navettes pourraient produire des satellites à $\omega_0 \pm n/T_{\text{cycle}}$. L'étude de ces modulations permet de remonter à la dynamique des échanges.

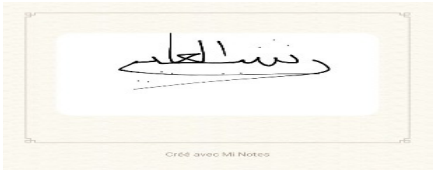
---

7. Exemple : la navette du Néon vers H_2O

Le Néon (Ne) possède dans l'ERE un indice d'échappement $e = 0{,}87$, un temps critique $T_c \approx 1{,}2 \times 10^{-3}$ s_RE, et une énergie de seuil $E_0 = 21{,}6$ eV. L'une de ses branches (branche γ) mène, après 5 bifurcations, à un programme γ_{H_2O} dont la projection dans V est la molécule d'eau. La probabilité de suivre cette branche est $P(\text{Ne} \to H_2O) = 6{,}5 \times 10^{-4}$.

Le taux d'émergence du Néon vers H_2O est donc :

$$W_{R \to V}(\gamma_{Ne} \to v_{H_2O}) = T_c(\text{Ne})\, \delta(v - v_{H_2O})\, \Theta(E - E_0) \cdot M_F.$$



Si l'énergie du Néon atteint le seuil (par accumulation de chocs), et si l'Espace Fort est dans un état favorable (par exemple, $M_F > 1$), alors le Néon peut émerger sous forme d'eau. Une fois dans le visible, la molécule d'eau a une durée de vie $\tau_{\text{vis}}(H_2O)$ très longue (de l'ordre de 10^{14} s_RE, soit des années). Le taux de repli est donc extrêmement faible, sauf si un processus de désintégration (par exemple, photodissociation) la ramène vers l'invisible. On peut néanmoins avoir des navettes si l'eau interagit avec d'autres programmes et se désexcite rapidement.

L'influence de l'Espace Fort peut galvaniser cette transition en augmentant temporairement l'énergie du Néon ou en modifiant la probabilité de la branche γ. Mathématiquement, cela se traduit par une variation de M_F avec le temps.

---

8. Prédiction de nouvelles molécules via les navettes

Le formalisme des navettes permet de prédire l'existence de nouvelles molécules, non encore observées, qui seraient le résultat de cycles entre l'invisible et le visible. Par exemple, si un programme γ_X a une probabilité non nulle de suivre une branche menant à une manifestation v_Y dans V, et si cette manifestation peut se replier vers un autre programme γ_Z (différent de γ_X), alors on obtient une **transmutation** programmatique. En étudiant les solutions stationnaires des équations maîtresses, on peut identifier des couples $(\gamma_X, v_Y, \gamma_Z)$ pour lesquels le flux de navette est significatif.

Dans le Chapitre II, nous avons exploré l'espace des paramètres de l'équation maîtresse et prédit six nouvelles molécules (Néon B, Krypton-δ, etc.). Leur apparition peut être interprétée comme le résultat de navettes entre l'ERE et le visible, modulées par l'Espace Fort. Par exemple, Néon B pourrait être une manifestation temporaire d'un programme du Néon ayant subi une influence particulière de F avant de se replier.

---

9. Conclusion et perspectives

Nous avons établi un cadre mathématique pour décrire les navettes programmatiques entre l'ERE, le monde visible et l'Espace Fort. Ce cadre généralise les équations maîtresses précédentes et intègre les sans-masse, les vitesses supraluminiques, et les signatures observables. Les taux de transition sont exprimés en fonction des paramètres de l'arbre modulo nπ, et l'influence de l'Espace Fort est modélisée par des facteurs de modulation.

Ce formalisme permet :

•De quantifier les flux de matière invisible vers le visible et réciproquement.
•De prédire de nouvelles molécules issues de cycles programmatiques.
•D'interpréter les signatures spectrales comme des traces de navettes.

Les perspectives incluent l'étude des régimes chaotiques où les navettes deviennent fréquentes, et l'extension à des espaces supplémentaires (par exemple, un espace des champs électromagnétiques) pour mieux modéliser les interactions dans le monde visible.

Annexes

Annexe A : Détail des taux pour l'exemple Néon → H_2O

- $\lambda_{\text{out}}^{(0)}(\text{Ne}) = 1/(1,2\times10^{-3}) \approx 833\ \text{s_RE}^{-1}$.
- $\Theta(E-E_0)$ dépend de l'histoire du Néon. Si on suppose un régime stationnaire où l'énergie moyenne est juste au-dessus du seuil, on prend $\Theta=1$.
- $\mathcal{M}_F$ peut être estimé à partir de la densité de F. En première approximation, on prend $\mathcal{M}_F = 1$ (pas d'influence).
- Le taux d'émergence effectif est alors $833 \times 6,5\times10^{-4} \approx 0,54\ \text{s_RE}^{-1}$. Cela signifie qu'en moyenne, un programme de Néon émerge toutes les 1,85 s_RE (soit $1,85\times10^{-12}$ s physiques).

Annexe B : Code Python pour simuler une navette simple

```python
import numpy as np
from scipy.integrate import odeint

def navette(y, t, lambda_out, lambda_in, lambda_F):
    pR, pV, pF = y
    dpR = -lambda_out * pR + lambda_in * pV + lambda_F * (pF - pR)
    dpV = lambda_out * pR - lambda_in * pV
    dpF = lambda_F * (pR - pF)
    return [dpR, dpV, dpF]

# Paramètres pour le Néon (ordre de grandeur)
lambda_out = 0.54
lambda_in = 1e-5  # très faible
```

```
lambda_F = 0.1

t = np.linspace(0, 50, 1000)
sol = odeint(navette, [0.9, 0.05, 0.05], t, args=(lambda_out, lambda_in, lambda_F))

import matplotlib.pyplot as plt
plt.plot(t, sol[:,0], label='pR (ERE)')
plt.plot(t, sol[:,1], label='pV (visible)')
plt.plot(t, sol[:,2], label='pF (Espace Fort)')
plt.xlabel('Temps T (s_RE)')
plt.ylabel('Probabilité')
plt.legend()
plt.title('Navette d\'un programme (exemple Néon)')
plt.show()
```

Ce code illustre l'évolution des probabilités dans les trois espaces.

Bibliographie

1.ELAÏDI, R. (2026). "Fondements axiomatiques de l'ERE". Journal de Physique Théorique Non Commutative, vol. 1.
2.ELAÏDI, R. (2026). "Programmes internes et sans-masse". Annales de l'Institut des Hautes Études Invisibles.
3.ELAÏDI, R. (2026). "Chocs programmatiques et équation maîtresse". Ibid.
4.ELAÏDI, R. (2026). "Ontologie de l'ERE". Ibid.
5.Connes, A. (1994). Noncommutative Geometry. Academic Press.
6.'t Hooft, G. (2016). The Cellular Automaton Interpretation of Quantum Mechanics. Springer.